Studi Perbandingan Perilaku Profil Baja WF dan HSS Sebagai Bresing pada SCBF Akibat Beban Lateral dengan Program Bantu *Finite Element Analysis*

Nuur Aziza Setiyowati, Budi Suswanto, R. Soewardojo
Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)
Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111
E-mail: budi_suswanto@ce.its.ac.id

Abstrak*— Concentrically Braced Frame (CBF) adalah pengembangan dari Moment Resisting Frame (MRF), dimana CBF mempunyai kekakuan yang tinggi sehingga mempunyai simpangan yang lebih kecil dari MRF. Dalam hal ini juga balok, kolom, dan pengaku diatur sehingga membentuk suatu rangka vertikal. Dalam aksi inelastis pengaku diatur mengalami ada dua macam gaya yaitu leleh akibat gaya tarik dan tekuk akibat gaya tekan. Dalam Tugas Akhir ini akan membahas mengenai perbandingan perilaku dari 2 jenis profil baja yang digunakan sebagai bresing, yaitu profil WF dan HSS. Portal yang dianalisa adalah portal baja SCBF dengan tipe inverted-v 1 lantai yang menerima beban lateral. Analisa yang akan dilakukan menggunakan program bantu SAP 2000 v.14 dan kemudian dianalisa lagi dengan program bantu finite element analysis. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa bresing adalah elemen terlemah pada portal SCBF yang ditinjau karena tegangan pada bresing lebih besar daripada elemen pada portal SCBF yang lain.

***Kata Kunci*: Finite Element Analysis, Inverted-v, Special Concentrically Braced Frame, Tipe Profil Baja.**

I. PENDAHULUAN

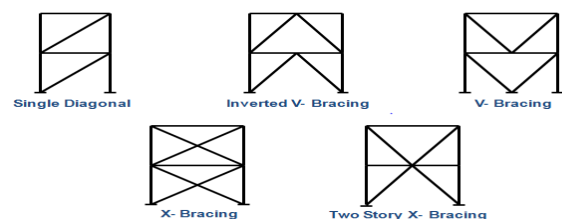
CONCENTRICALLY BRACED FRAME adalah pengembangan dari MRF, dimana aksi lendutan CBF dibatasi karena adanya pengaku dan CBF memiliki kemampuan daktilitas dan penyerapan energi dissipasi yang kecil. Dalam hal ini juga balok, kolom, dan pengaku diatur untuk membentuk suatu rangka batang yang vertikal. Pengembangan daktilitas melalui aksi inelastis di pengaku ada dua yaitu pengaku akan leleh akibat gaya tarik dan pengaku akan mengalami tekuk akibat gaya tekan.

CBF mempunyai sifat kuat, kaku, dan elastis, dimana sangat ideal untuk sistem rangka. Sistem rangka baja sering digunakan pada daerah rawan gempa karena rangka baja mempunyai daktilitas dan kekuatan yang tinggi. Kualitas dari respon seismik dari CBF ditentukan dari kinerja pengakunya. Dalam rangka untuk mencapai kinerja terbaik dari CBF, pengaku harus gagal dahulu sebelum komponen-komponen dari sistem rangka itu sendiri. Sistem ini telah digunakan bertahun-tahun di dunia konstruksi baja dan oleh karena itu telah dipelajari secara ekstensif untuk perilaku gempa [1].

CBF dapat dilihat sebagai rangka batang vertikal. Dalam rentang perilaku elastis, CBF menolak gaya gempa lateral dari kekuatan *truss*. Artinya, dalam rentang elastis, gaya aksial adalah tipe gaya yang dominan pada *member* yang lain seperti balok, kolom, dan sambungan. CBF mengembangkan daktilitas melalui aksi inelastis di pengaku: leleh akibat gaya tarik dan tekuk akibat gaya tekan. Dengan demikian pengaku sebagai ”*fuse*”dan balok dan kolom diharapkan untuk tetap elastis [1].

Tujuan dari penggunaan rangka pengaku adalah kemampuan struktur untuk mempertahankan stablitas akibat beban lateral dan stabilitas strukur secara keseluruhan. Rangka pengaku biasanya dianalisa dan didisain dengan mengabaikan momen pada sistem tersebut [2].

Pada CBF, elemen pengaku merupakan elemen struktur yang terlemah dibandingkan dengan elemen-elemen struktur yang lain seperti kolom, balok, dan sambungan [1]. Sehingga pada saat mendesain CBF diusahakan agar tidak terjadi perilaku inelastik pada pengaku. Untuk kegagalan struktur yang terjadi, yang diharapkan adalah leleh pada pengaku terlebih dahulu daripada pada sambungan.

Disini CBF akan digunakan dua tipe CBF yaitu SCBF (*Special Concentrically Brace Frame*) dan OCBF (*Ordinary Concentrically Braced Frame*), namun dalam tugas akhir ini hanya dikhususkan pada SCBF saja.

Gambar 1. Tipe-tipe CBF

CBF dua tipe yaitu *Special Concentrically Braced Frame* (SCBF) dan *Ordinary Concentrically Braced Frame* (OCBF) yang mana perbedaan dari kedua tipe ini adalah daerah gempa. SCBF digunakan untuk daerah rawan gempa (gempa tinggi). Sedangkan pada OCBF digunakan untuk daerah dengan gempa rendah.

Dalam hal ini CBF memiliki keuntungan dan kerugian. Keuntungan dari CBF adalah mempunyai kekakuan elastik yang tinggi. Dan kerugiannya dari CBF adalah mempunyai daktilitas yang kurang dibandingkan dengan rangka

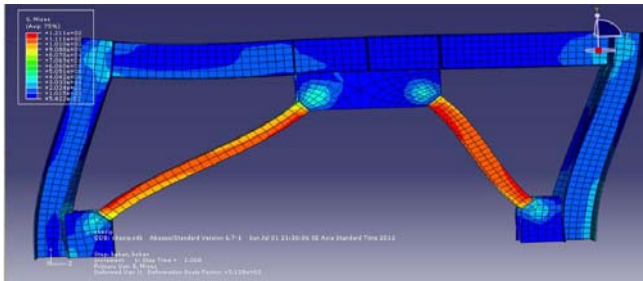
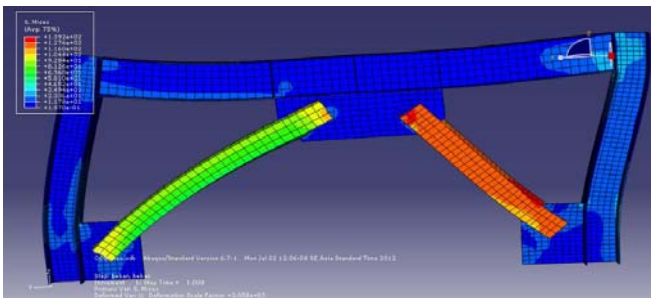
berpengaku tipe lain (SMF, EBF, BRF) dan bentuknya mengurangi fungsi arsitektural.

Dalam tugas akhir ini akan difokuskan pada perbandingan simpangan, tegangan regangan, dan pola kegagalan struktur dari bresing dengan menggunakan dua buah tipe profil baja yaitu profil WF (*Wide Flange*) dan HSS (*Hollow Structural Section*)

II. URAIAN PENELITIAN

A. Tahap Telaah

Tahap pertama yang dilakukan dalam penelitian ini adalah membaca studi literatur. Kemudian dilanjutkan dengan merencanakan dimensi SCBF untuk 1 *frame*. Kemudian dianalisa dengan program analisa struktur, bila hasilnya sudah memenuhi kriteria maka dilanjutkan dengan analisa dengan program bantu *finite element analysis* untuk mengetahui simpangan, kontur tegangan, dan pola kegagalan struktur. Yang terakhir memvisulisasi gambar dan menabelkan hasil dari analisa dengan program bantu yang kedua.

III. HASIL DAN DISKUSI

Gambar 2. Kontur Tegangan pada Bresing dengan Profil WF

Gambar 3. Kontur Tegangan pada Bresing dengan Profil HSS

Hasil dari studi ini adalah [3]

Pada Tabel 1 diatas menunjukkan bahwa pada arah U11 (arah sumbu x) *displacement* terbesar terdapat pada ½ bentang balok sebesar 0,1 mm dan *displacement* terkecil terdapat padaujung tepi atas bresing tekan sebesar -0,064 mm. Sedangkan pada arah U22 (arah sumbu y) *displacement* terbesar terdapat pada ½ anjang bentang kolom sebesar 0,129 mm dan *displacement* terkecil terdapat pada ¼ panjang bentang balok sebesar -0,340 mm. Sedangkan pada arah U33 (arah sumbu z) *displacement* terbesar terdapat padaujung tepi atas kolom sebesar 2,148 mm dan *displacement* terkecil terdapat pada ujung tepi atas bresing tekan sebesar -0,053 mm.

Tabel 1
Hasil Displacement pada Titik yang Ditinjau untuk SCBF dengan Bresing WF

DISPLACEMENT (mm)				
Titik		U.U11	U.U22	U.U33
Balok	Ujung Tepi Kiri	0,037	-0,155	2,088
	1/4 panjang bentang	0,077	-0,340	2,020
	1/2 panjang bentang	0,100	-0,130	2,030
	3/4 panjang bentang	0,094	-0,094	2,034
	Ujung Tepi Kanan	0,065	-0,022	2,034
Kolom	Ujung Tepi Atas	0,032	0,076	2,148
	1/4 panjang bentang	0,023	0,111	1,615
	1/2 panjang bentang	0,012	0,129	0,008
	3/4 panjang bentang	0,006	0,092	0,002
	Ujung Tepi Bawah	-1,761,E-33	8,652,E-33	1,400,E-33
Bresing WF tekan	Ujung Tepi Atas	-0,064	-0,025	-0,053
	1/4 panjang bentang	-0,008	0,079	0,163
	1/2 panjang bentang	-0,017	-0,135	0,893
	3/4 panjang bentang	-0,029	-0,284	1,860
	Ujung Tepi Bawah	-0,001	-0,095	2,107
Bresing WF tarik	Ujung Tepi Atas	0,018	-0,087	2,093
	1/4 panjang bentang	-0,011	0,091	1,834
	1/2 panjang bentang	-0,015	0,047	1,044
	3/4 panjang bentang	-0,016	-0,082	0,003
	Ujung Tepi Bawah	0,034	0,018	-0,008

Tabel 2
Hasil Regangan pada Titik yang Ditinjau untuk SCBF dengan Bresing WF

Regangan				
Titik		Regangan		
		E.E11	E.E22	E.E33
Balok	Ujung Tepi Kiri	4,460,E-06	-7,441,E-06	3,744,E-06
	1/4 panjang bentang	1,071,E-05	7,697,E-06	-2,859,E-05
	1/2 panjang bentang	-3,103,E-06	-7,167,E-06	1,808,E-05
	3/4 panjang bentang	5,049,E-06	1,962,E-06	-9,600,E-06
	Ujung Tepi Kanan	-4,423,E-06	-2,926,E-06	2,861,E-07
Kolom	Ujung Tepi Atas	7,708,E-08	-8,789,E-06	3,643,E-06
	1/4 panjang bentang	1,466,E-05	-4,752,E-05	1,396,E-05
	1/2 panjang bentang	-4,504,E-06	1,522,E-05	-4,613,E-06
	3/4 panjang bentang	-2,117,E-05	6,975,E-05	-2,060,E-05
	Ujung Tepi Bawah	-1,871,E-05	1,006,E-04	-3,304,E-05
Bresing WF tekan	Ujung Tepi Atas	-1,388,E-04	9,535,E-05	2,307,E-04
	1/4 panjang bentang	-1,364,E-04	1,648,E-04	1,532,E-04
	1/2 panjang bentang	-1,529,E-04	1,855,E-04	1,716,E-04
	3/4 panjang bentang	-1,730,E-04	2,116,E-04	1,932,E-04
	Ujung Tepi Bawah	-1,198,E-04	2,493,E-04	2,337,E-05
Bresing WF tarik	Ujung Tepi Atas	9,582,E-05	-1,781,E-04	-4,136,E-05
	1/4 panjang bentang	1,770,E-04	-2,163,E-04	-1,977,E-04
	1/2 panjang bentang	1,627,E-04	-1,988,E-04	-1,809,E-04
	3/4 panjang bentang	1,500,E-04	-1,831,E-04	-1,673,E-04
	Ujung Tepi Bawah	1,183,E-04	-9,333,E-05	-1,850,E-04

Pada Tabel 2 diatas menunjukkan bahwa pada regangan E11 (arah sumbu x) regangan terbesar terdapat pada ¼ panjang bentang bresing tarik sebesar 1,770E-04 dan regangan terkecil terdapat pada ¾ panjang bentang bresing tekan sebesar -1,730E-04. Sedangkan pada arah E22 (arah sumbu y) regangan terbesar terdapat padaujung tepi bawah bresing tekan sebesar 2,493E-04 dan regangan terkecil terdapat pada ¼ panjang bentang bresing tarik sebesar -2,163E-04. Sedangkan pada arah E33 (arah sumbu z) regangan terbesar terdapat pada ujung tepi atas bresing tekan

sebesar 2,307E-04 dan regangan terkecil terdapat pada ¼ panjang bentang bresing tarik sebesar -1,977E-04.

Tabel 3
Hasil Tegangan pada Titik yang Ditinjau untuk SCBF dengan Bresing WF

TEGANGAN		
Titik		Tegangan (Mpa)
Balok	Ujung Tepi Kiri	9,592
	1/4 panjang bentang	6,235
	1/2 panjang bentang	3,783
	3/4 panjang bentang	2,066
	Ujung Tepi Kanan	6,050
Kolom	Ujung Tepi Atas	1,981
	1/4 panjang bentang	9,584
	1/2 panjang bentang	3,275
	3/4 panjang bentang	13,987
	Ujung Tepi Bawah	19,845
Bresing WF tekan	Ujung Tepi Atas	76,964
	1/4 panjang bentang	90,793
	1/2 panjang bentang	102,024
	3/4 panjang bentang	115,613
	Ujung Tepi Bawah	71,646
Bresing WF tarik	Ujung Tepi Atas	54,253
	1/4 panjang bentang	118,255
	1/2 panjang bentang	108,505
	3/4 panjang bentang	100,156
	Ujung Tepi Bawah	67,623

Pada Tabel 3 diatas menunjukkan bahwa tegangan terbesar terdapat pada ¼ panjang bentang bresing tarik sebesar 118,255 MPa dan tegangan terkecil terdapat pada ujung tepi atas kolom sebesar 1,981 MPa.

Tabel 4
Hasil displacement pada titik yang ditinjau untuk SCBF dengan bresing HSS

DISPLACEMENT (mm)				
Titik		U.U11	U.U22	U.U33
Balok	Ujung Tepi Kiri	-0,014	-1,654	-0,183
	1/4 panjang bentang	-0,058	-1,572	-0,715
	1/2 panjang bentang	-0,061	-1,519	-0,625
	3/4 panjang bentang	-0,050	-1,462	-0,469
	Ujung Tepi Kanan	-0,022	-1,448	-0,775
Kolom-1	Ujung Tepi Atas	0,006	-1,472	-0,154
	1/4 panjang bentang	1,459E-33	-7,686E-34	-6,644E-33
	1/2 panjang bentang	0,009	-0,127	-0,116
	3/4 panjang bentang	0,004	-0,688	-0,190
	Ujung Tepi Bawah	-0,002	-1,321	-0,185
Bresing HSS tekan	Ujung Tepi Atas	-0,170	-1,869	-0,658
	1/4 panjang bentang	0,109	-0,064	0,367
	1/2 panjang bentang	-0,186	-1,438	-0,489
	3/4 panjang bentang	-0,097	-0,859	-0,288
	Ujung Tepi Bawah	-0,017	-0,383	-0,032
Bresing HSS tarik	Ujung Tepi Atas	-0,168	-2,152	-0,388
	1/4 panjang bentang	-0,123	0,136	-0,246
	1/2 panjang bentang	-0,109	-1,432	-0,111
	3/4 panjang bentang	-0,057	-0,605	0,120
	Ujung Tepi Bawah	-0,010	-0,107	0,084

Pada Tabel 4 diatas menunjukkan bahwa pada arah U11 (arah sumbu x) *displacement* terbesar terdapat pada ¼ panjang bentang bresing HSS tekan sebesar 0,109 mm dan *displacement* terkecil terdapat pada ½ panjang bentang bresing HSS tekan -0,186 mm. Sedangkan pada arah U22 (arah sumbu y) *displacement* terbesar terdapat pada ¼ panjang bentang bresing HSS tarik sebesar 0,136 mm dan *displacement* terkecil terdapat pada ujung tepi atas bresing HSS tarik sebesar -2,152 mm. Sedang pada arah U33 (arah sumbu z) *displacement* terbesar terdapat ¼ panjang bentang bresing HSS tekan sebesar 0,367 mm dan *displacement* terkecil terdapat pada antara ujung tepi kanan balok sebesar -0,775 mm.

Tabel 5
Hasil Regangan pada Titik yang Ditinjau untuk SCBF dengan Bresing HSS

Regangan				
Titik		Regangan		
		E.E11	E.E22	E.E33
Balok	Ujung Tepi Kiri	-6,805,E-07	-7,118,E-06	1,561,E-06
	1/4 panjang bentang	2,120,E-05	-6,312,E-05	1,815,E-05
	1/2 panjang bentang	6,828,E-06	-1,909,E-05	5,156,E-06
	3/4 panjang bentang	1,420,E-05	-3,943,E-05	1,107,E-05
	Ujung Tepi Kanan	1,186,E-06	9,858,E-06	-7,347,E-05
Kolom-1	Ujung Tepi Atas	2,276,E-06	2,564,E-06	-5,418,E-06
	1/4 panjang bentang	2,241,E-05	3,818,E-05	-1,170,E-04
	1/2 panjang bentang	3,600,E-05	3,541,E-05	-1,189,E-04
	3/4 panjang bentang	1,225,E-05	1,226,E-05	-4,084,E-05
	Ujung Tepi Bawah	-1,485,E-05	-1,455,E-05	4,876,E-05
Bresing HSS tekan	Ujung Tepi Atas	1,950,E-04	-1,993,E-04	-2,392,E-04
	1/4 panjang bentang	1,936,E-04	-2,062,E-04	-2,376,E-04
	1/2 panjang bentang	1,746,E-04	-1,987,E-04	-2,145,E-04
	3/4 panjang bentang	1,869,E-04	-2,079,E-04	-2,271,E-04
	Ujung Tepi Bawah	1,974,E-04	-2,210,E-04	-2,351,E-04
Bresing HSS tarik	Ujung Tepi Atas	-1,735,E-04	1,591,E-04	2,057,E-04
	1/4 panjang bentang	-1,598,E-04	1,665,E-04	1,927,E-04
	1/2 panjang bentang	-1,286,E-04	1,472,E-04	1,539,E-04
	3/4 panjang bentang	-1,331,E-04	1,472,E-04	1,634,E-04
	Ujung Tepi Bawah	-1,358,E-04	1,509,E-04	1,676,E-04

Tabel 6
Hasil Tengangan pada Titik yang Ditinjau untuk SCBF dengan Bresing HSS

TEGANGAN		
Titik		Tegangan (Mpa)
Balok	Ujung Tepi Kiri	4,023
	1/4 panjang bentang	12,780
	1/2 panjang bentang	3,971
	3/4 panjang bentang	8,093
	Ujung Tepi Kanan	5,015
Kolom-1	Ujung Tepi Atas	1,346
	1/4 panjang bentang	23,204
	1/2 panjang bentang	23,785
	3/4 panjang bentang	8,244
	Ujung Tepi Bawah	9,794
Bresing HSS tekan	Ujung Tepi Atas	126,175
	1/4 panjang bentang	126,836
	1/2 panjang bentang	118,335
	3/4 panjang bentang	124,254
	Ujung Tepi Bawah	130,016
Bresing HSS tarik	Ujung Tepi Atas	104,919
	1/4 panjang bentang	101,855
	1/2 panjang bentang	86,747
	3/4 panjang bentang	88,759
	Ujung Tepi Bawah	91,218

Pada Tabel 5 diatas menunjukkan bahwa regangan pada E11 (arah sumbu x) regangan terbesar terdapat pada ujung tepi bawah bresing HSS tekan sebesar 1,974E-04 dan

regangan terkecil terdapat pada ujung tepi atas bresing HSS tarik sebesar -1,735E-04. Sedangkan pada arah E22 (arah sumbu y) regangan terbesar terdapat pada ¼ panjang betang bresing HSS tarik sebesar 1,665E-04 dan regangan terkecil terdapat pada ujung tepi bawah bresing HSS tekan sebesar -2,210E-04. Sedangkan pada arah E33 (arah sumbu z) regangan terbesar terdapat pada ujung tepi atas bresing HSS tarik sebesar 2,057E-04 dan regangan terkecil terdapat pada ujung tepi atas bresing HSS tekan sebesar –2,392E-04.

Pada Tabel 6 diatas dapat diketahui bahwa pada tegangan terbesar terdapat padaujung tepi bawah bresing HSS tekan sebesar 130,016 MPa dan tegangan terkecil terdapat pada ujung tepi atas kolom sebesar 1,346 MPa.

Dari hasil tabel-tabel di atas dapat dilihat bahwa elemen terlemah pada dalam struktur frame tersebut adalah bresing ditandai dengan tegangan yang paling besar dialami oleh bresing. Bila dibandingkan antara bresing WF dan HSS, tegangan terbesar terdapat pada bresing HSS. Tetapi dari kedua bresing belum menunjukan tanda-tanda kelelehan dengan gaya lateral rencana.

Untuk mendapatkan leleh sesuai dengan yang direncanakan maka perlu gaya lateral yang lebih besar. Dengan cara *trial and error* gaya lateral rencana ditingkatkan sebesar 3x.

Tabel 7
Hasil *displacement* pada titik yang ditinjau setelah gaya lateral rencana ditingkatkan 3x pada SCBF dengan bresing WF

DISPLACEMENT (mm)				
Titik		U.U11	U.U22	U.U33
Balok	Ujung Tepi Kiri	0,067	-0,220	8,206
	1/4 panjang bentang	0,168	0,840	8,079
	1/2 panjang bentang	0,239	1,958	8,279
	3/4 panjang bentang	0,250	1,919	8,566
	Ujung Tepi Kanan	0,220	0,369	8,722
Kolom	Ujung Tepi Atas	0,057	0,424	8,534
	1/4 panjang bentang	0,058	0,584	6,945
	1/2 panjang bentang	0,030	0,674	3,765
	3/4 panjang bentang	0,019	0,482	1,140
	Ujung Tepi Bawah	-4,920E-39	1,310E-38	1,389E-39
Bresing WF tekan	Ujung Tepi Atas	-0,148	-0,072	-0,150
	1/4 panjang bentang	0,126	0,962	0,786
	1/2 panjang bentang	-0,074	0,690	3,861
	3/4 panjang bentang	-0,044	0,987	7,751
	Ujung Tepi Bawah	-0,079	1,932	8,683
Bresing WF tarik	Ujung Tepi Atas	-0,015	2,143	8,632
	1/4 panjang bentang	-0,144	2,834	7,863
	1/2 panjang bentang	-0,087	1,550	4,375
	3/4 panjang bentang	-0,081	-0,151	1,225
	Ujung Tepi Bawah	0,073	0,053	-0,059

Pada Tabel 7 diatas dapat diketahui bahwa pada arah U11 (arah sumbu x) *displacement* terbesar terdapat pada ¾ panjang bentang balok sebesar 0,250 mm dan displacement terkecil terdapat pada ujung tepi atas bresing WF tekan sebesar -0, 148 mm. Sedangkan pada arah U22 (arah sumbu y) *displacement* terbesar terdapat pada ¼ panjang bentang bresing WF tarik sebesar 2,834 mm dan *displacement* terkecil terdapat pada ujung tepi kiri balok sebesar -0,220 mm. Sedangkan pada arah U33 (arah sumbu z) *displacement* terbesar terdapat pada ujung tepi kanan balok sebesar 8,722 mm dan *displacement* terkecil terdapat pada ujung tepi atas bresing WF tarik sebesar –0,150 mm.

Tabel 8
Hasil Regangan pada Titik yang Ditinjau Setelah Gaya Lateral Rencana Ditingkatkan 3x pada SCBF dengan Bresing WF

Regangan				
Titik		Regangan		
		E.E11	E.E22	E.E33
Balok	Ujung Tepi Kiri	2,192,E-05	-1,277,E-05	1,099,E-05
	1/4 panjang bentang	-9,474,E-06	-1,247,E-05	3,864,E-05
	1/2 panjang bentang	-4,201,E-05	-5,099,E-05	1,590,E-04
	3/4 panjang bentang	-4,579,E-05	-4,943,E-05	1,610,E-04
	Ujung Tepi Kanan	-1,132,E-05	7,356,E-06	-5,495,E-06
Kolom	Ujung Tepi Atas	-8,707,E-06	-1,760,E-06	1,091,E-05
	1/4 panjang bentang	7,346,E-05	-2,367,E-04	6,932,E-05
	1/2 panjang bentang	-2,488,E-05	8,408,E-05	-2,549,E-05
	3/4 panjang bentang	-1,102,E-04	3,638,E-04	-1,077,E-04
	Ujung Tepi Bawah	-9,964,E-05	5,381,E-04	-1,773,E-04
Bresing WF tekan	Ujung Tepi Atas	-3,620,E-04	2,268,E-04	6,194,E-04
	1/4 panjang bentang	-1,642,E-03	1,165,E-03	9,769,E-04
	1/2 panjang bentang	-7,980,E-04	6,994,E-04	5,987,E-04
	3/4 panjang bentang	-1,921,E-03	1,318,E-03	1,104,E-03
	Ujung Tepi Bawah	-2,965,E-04	6,309,E-04	4,438,E-05
Bresing WF tarik	Ujung Tepi Atas	2,439,E-04	-4,477,E-04	-1,117,E-04
	1/4 panjang bentang	9,365,E-04	-7,747,E-04	-6,631,E-04
	1/2 panjang bentang	3,781,E-04	-4,674,E-04	-4,107,E-04
	3/4 panjang bentang	4,977,E-04	-5,333,E-04	-4,638,E-04
	Ujung Tepi Bawah	2,915,E-04	-2,173,E-04	-4,683,E-04

Pada Tabel 8 diatas dapat diketahui bahwa regangan pada E11 (arah sumbu x) regangan terbesar terdapat pada ¼ panjang bentang bresing WF tarik sebesar 9,365E-04 dan regangan terkecil terdapat pada ¾ bentang bresing WF tekan sebesar -1,921E-03. Sedangkan pada arah E22 (arah sumbu y) regangan terbesar terdapat pada ¾ panjang bentang bresing WF tekan sebesar 1,318E-03 dan regangan terkecil terdapat pada ¼ panjang bentang bresing WF tarik sebesar –7,747E-04. Sedangkan pada arah E33 (arah sumbu z) regangan terbesar terdapat pada ¾ panjang bentang bresing WF tekan sebesar 1,104E-03 dan regangan terkecil terdapat ¼ panjang bentang bresing WF tarik sebesar -6,631E-04.

Pada Tabel 9 diatas dapat diketahui bahwa pada tegangan terbesar terdapat pada ¾ panjang bentang bresing WF tarik sebesar 250,089 MPa dan tegangan terkecil terdapat pada ujung tepi atas kolom 6,709 MPa.

Pada Tabel 10 diatas dapat diketahui bahwa *displacement* pada arah U11 (arah sumbu x) terbesar terdapat pada ¼ panjang bentang bresing HSS tekan sebesar 0,422 mm dan *displacement* terkecil terdapat pada ½ panjang bentang bresing HSS tekan sebesar -0,377 mm. Sedangkan pada arah U22 (arah sumbu y) *displacement* terbesar terdapat pada ujung tepi bawah bresing HSS tekan sebesar 0,622 mm dan *displacement* terkecil terdapat pada ujung tepi atas bresing HSS tekan sebesar -8,066 mm. Sedangkan pada arah U33 (arah sumbu z) *displacement* terbesar terdapat pada ¼ panjang bentang bresing HSS tekan sebesar 2,558 mm dan *displacement* terkecil terdapat pada ujung tepi atas bresing HSS tekan sebesar -1,769 mm.

Tabel 9
Hasil Tegangan pada Titik yang Ditinjau Setelah Gaya Lateral Rencana Ditingkatkan 3x pada SCBF dengan Bresing WF

TEGANGAN		
Titik		Tegangan (Mpa)
Balok	Ujung Tepi Kiri	40,894
	1/4 panjang bentang	11,689
	1/2 panjang bentang	31,685
	3/4 panjang bentang	32,152
	Ujung Tepi Kanan	24,005
Kolom	Ujung Tepi Atas	6,709
	1/4 panjang bentang	47,785
	1/2 panjang bentang	17,912
	3/4 panjang bentang	72,950
	Ujung Tepi Bawah	106,157
Bresing WF tekan	Ujung Tepi Atas	201,620
	1/4 panjang bentang	250,072
	1/2 panjang bentang	250,024
	3/4 panjang bentang	250,089
	Ujung Tepi Bawah	181,230
Bresing WF tarik	Ujung Tepi Atas	133,635
	1/4 panjang bentang	250,032
	1/2 panjang bentang	249,924
	3/4 panjang bentang	250,007
	Ujung Tepi Bawah	166,542

Tabel 10
Hasil *Displacement* pada Titik yang Ditinjau Setelah Gaya Lateral Rencana Ditingkatkan 3x pada SCBF dengan Bresing HSS

DISPLACEMENT (mm)				
Titik		U.U11	U.U22	U.U33
Balok	Ujung Tepi Kiri	-0,026	-3,158	-0,246
	1/4 panjang bentang	-0,096	-3,036	-0,920
	1/2 panjang bentang	-0,105	-2,955	-0,747
	3/4 panjang bentang	-0,081	-2,885	-0,413
	Ujung Tepi Kanan	-0,040	-2,889	-0,351
Kolom-1	Ujung Tepi Atas	0,011	-2,873	-0,254
	1/4 panjang bentang	1,614,E-38	-2,622,E-39	-3,098,E-38
	1/2 panjang bentang	0,015	-0,193	-0,193
	3/4 panjang bentang	0,006	-1,244	-0,324
	Ujung Tepi Bawah	-5,058E-03	-2,490	-0,310
Bresing HSS tekan	Ujung Tepi Atas	0,139	-8,066	-1,769
	1/4 panjang bentang	0,422	0,264	2,558
	1/2 panjang bentang	-0,377	-2,835	-0,855
	3/4 panjang bentang	-0,195	-1,555	-0,583
	Ujung Tepi Bawah	-0,030	0,622	-0,106
Bresing HSS tarik	Ujung Tepi Atas	-0,344	-3,999	-0,327
	1/4 panjang bentang	-0,206	0,216	-0,467
	1/2 panjang bentang	-0,211	-2,729	0,042
	3/4 panjang bentang	-0,115	-1,235	0,327
	Ujung Tepi Bawah	-0,029	-0,285	0,182

Pada Tabel 11 diatas dapat diketahui bahwa pada arah E11 (arah sumbux) regangan terbesar terdapat pada ¼ panjang bentang kolom sebesar 3,525E-01 dan regangan terkecil terdapat pada ujung tepi atas bresing HSS tarik sebesar -3,426E-04. Sedangkan pada arah E22 (arah sumbuy) regangan terbesar terdapat pada ¼ panjang bentang kolom sebesar 5,959E-01 dan regangan terkecil terdapat pada ujung tepi atas bresing HSS tekan sebesar -4,442E-03. Sedangkan pada arah E33 (arah sumbuz) regangan terbesar terdapat pada ujung tepi atas bresing HSS tarik sebesar 4,073E-04 dan regangan terkecil terdapat pada ¼ panjang bentang kolom sebesar -1,829E-03.

Tabel 11
Hasil Regangan pada Titik yang Ditinjau Setelah Gaya Lateral Rencana Ditingkatkan 3x pada SCBF dengan Bresing HSS

Regangan				
Titik		Regangan		
		E.E11	E.E22	E.E33
Balok	Ujung Tepi Kiri	-1,708,E-06	-1,521,E-05	5,762,E-06
	1/4 panjang bentang	2,713,E-05	-8,298,E-05	2,411,E-05
	1/2 panjang bentang	1,441,E-05	-4,334,E-05	1,240,E-05
	3/4 panjang bentang	1,346,E-05	-3,686,E-05	1,029,E-05
	Ujung Tepi Kanan	1,779,E-06	1,672,E-05	-1,110,E-05
Kolom-1	Ujung Tepi Atas	1,813,E-06	4,940,E-06	-4,367,E-06
	1/4 panjang bentang	3,525,E-01	5,959,E-01	-1,829,E-01
	1/2 panjang bentang	6,274,E-05	6,166,E-05	-2,070,E-04
	3/4 panjang bentang	2,090,E-05	2,093,E-05	-6,970,E-05
	Ujung Tepi Bawah	-2,769,E-05	-2,711,E-05	9,087,E-05
Bresing HSS tekan	Ujung Tepi Atas	9,315,E-03	-4,442,E-03	-5,378,E-03
	1/4 panjang bentang	4,491,E-03	-2,230,E-03	-2,765,E-03
	1/2 panjang bentang	3,509,E-04	-3,927,E-04	-4,317,E-04
	3/4 panjang bentang	3,632,E-04	-3,996,E-04	-4,461,E-04
	Ujung Tepi Bawah	3,855,E-03	-4,156,E-04	-4,621,E-04
Bresing HSS tarik	Ujung Tepi Atas	-3,426,E-04	3,216,E-04	4,073,E-04
	1/4 panjang bentang	-3,198,E-04	3,345,E-04	3,835,E-04
	1/2 panjang bentang	-2,636,E-04	3,008,E-04	3,176,E-04
	3/4 panjang bentang	-2,748,E-04	3,045,E-04	3,365,E-04
	Ujung Tepi Bawah	-2,823,E-04	3,153,E-04	3,452,E-04

Tabel 12
Hasil Tegangan pada Titik yang Ditinjau Setelah Gaya Lateral Rencana Ditingkatkan 3x pada SCBF dengan Bresing HSS

TEGANGAN		
Titik		Tegangan (Mpa)
Balok	Ujung Tepi Kiri	8,319
	1/4 panjang bentang	16,749
	1/2 panjang bentang	8,765
	3/4 panjang bentang	7,618
	Ujung Tepi Kanan	8,422
Kolom-1	Ujung Tepi Atas	1,768
	1/4 panjang bentang	36,195
	1/2 panjang bentang	41,412
	3/4 panjang bentang	14,082
	Ujung Tepi Bawah	18,251
Bresing HSS tekan	Ujung Tepi Atas	250,000
	1/4 panjang bentang	250,000
	1/2 panjang bentang	235,908
	3/4 panjang bentang	241,554
	Ujung Tepi Bawah	248,048
Bresing HSS tarik	Ujung Tepi Atas	208,942
	1/4 panjang bentang	203,996
	1/2 panjang bentang	177,880
	3/4 panjang bentang	183,138
	Ujung Tepi Bawah	188,899

Pada Tabel 12 diatas dapat diketahui bahwa pada tegangan terbesar terdapat pada ujung tepi atas bresing HSS tekan dan ¼ panjang bentang bresing HSS tekan sebesar 250 MPa dan tegangan terkecil terdapat pada ujung tepi atas kolom sebesar 1,768 MPa.

IV. KESIMPULAN/RINGKASAN

Setelah dilakukan analisa struktur dengan *software* SAP 2000 dan Program Bantu *Finite Element Analysis* maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Elemen terlemah dari portal SCBF adalah bresing. Hal ini ditunjukan dengan perbandingan tegangan bresing dengan elemen struktur yang lain seperti balok, kolom, dan gusset plat.
- Pada saat gaya lateral rencana dibebankan belum ada bresing yang leleh. Tegangan tertinggi antara bresing WF dan HSS terdapat pada bresing HSS tekan sebesar 130,016 MPa. Sedangkan besar tegangan bresing WF sebesar 118,255 MPa terdapat pada bresing WF tarik.
- Untuk memperoleh leleh pada kedua tipe bresing, maka gaya lateral yang diperlukan adalah tiga kali lipat dari gaya lateral rencana. Tegangan tertinggi terdapat pada bresing WF sebesar 250,089 MPa terdapat pada bresing WF tekan. Sedangkan besarnya tegangan pada bresing HSS adalah 250 MPa terdapat pada bresing HSS tekan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] M.D. Engelhardt, "Design of Seismic-Resistant Steel Building Structures," Seismic design modul, (2007).

[2] AISC-341, "Seismic Provision for Structural Steel Buildings," Seismic provisions, (2002).

[3] N.A. Setiyowati, "Studi Perbandingan Perilaku Profil Baja WF dan HSS sebagai Bresing akibat Beban Lateral dengan Program Bantu *Finite Element Analysis*," Tugas Akhir S,1 (2012)

[4] M. Bruneau dkk, "Ductile Design of Steel Structures,". USA: the McGraw-Hill Companies, Inc, (1998).

[5] N. Canney, "Performance Centrically Braced Frames Under Cyclic Loading,". USA: Seattle University, (2007).

[6] Departemen Pekerjaan Umum, "Tata Cara Perhitungan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung (SNI 03-1729-2002)," Yayasan LPMB, Bandung, (2002).

[7] K. Jinkoo and C. Hyunhoon, "Response Modification Factors of Chevfron-Braced Frame," Republic of Korea: Sungkyunkwan University, (2004).

[8] Marwan dan Isdarmanu, "Buku Ajar: STRUKTUR BAJA I". Surabaya: Jurusan Teknik Sipil FTSP-ITS, (2006).

[9] Z. Liu Z and S.C. Goel, "Investigation of Concrete-Filled Steel Tube under Cyclic Bending and Buckling,". Report No. UMCE 87-3. Ann Arbor: Department of Civil Engineering. The University of Michigan, (1987).

[10] C. M. Uang and V. V. Berteto, "Earthquake Simulation Test and Associated of a 0,3-Scale Model of a Six-Story Concentrically Braced Steel Structure," in Report No. UCB.EERC-86/10. Berkeley: Earthquake Engineering Research Center. University of California, (1986).